

АВТОКЛАВНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ УРАЛЬСКИХ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

PRESSURE LEACHING OF THE URAL ENRICHMENT PLANTS CONCENTRATES

Крицкий А. В., Каримов К. А., Набойченко С. С.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
Sibwin13@rambler.ru

Kritskii A. V., Karimov K. A., Naboichenko S. S.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе рассмотрен альтернативный подход к переработке медных концентратов Уральских горно-обогачительных фабрик. Проведены эксперименты по автоклавному выщелачиванию концентрата следующего состава, %: 21,5 Cu, 0,1 Zn, 0,05 Pb, 0,04 Ni, 26,59 S, 24,52 Fe, 16,28 SiO₂. Рассмотрены два варианта ведения процесса - высокотемпературное и низкотемпературное автоклавное окислительное выщелачивание, для которых предложены оптимальные параметры ведения процесса: $t = 190\text{--}210\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{O}_2} = 0,4\text{--}0,6\text{ МПа}$, $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0\text{--}15\text{ г/дм}^3$ и $t = 105\text{--}108\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{O}_2} = 1,3\text{--}1,5\text{ МПа}$, $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 75\text{--}90\text{ г/дм}^3$ соответственно. Приведен химический состав продуктов выщелачивания и предложены пути их дальнейшей переработки.

Abstract: An alternative approach to the processing of copper concentrates of the Ural enrichment plants is considered. Experiments were carried out on pressure leaching of the concentrate with the following composition, %: 21.5 Cu, 0.1 Zn, 0.05 Pb, 0.04 Ni, 26.59 S, 24.52 Fe, 16.28 SiO₂. Two variants of the process directing are considered - high-temperature and low-temperature autoclave oxidative leaching, for which optimal process parameters are proposed: $t = 190\text{--}210\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{O}_2} = 0.4\text{--}0.6$

МПа, $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0\text{--}15$ g/L and $t = 105\text{--}108$ °C, $P_{\text{O}_2} = 1.3\text{--}1.5$ МПа, $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 75\text{--}90$ g/L, respectively. The chemical composition of leach products is given and ways of their further processing are suggested.

Ключевые слова: гидрометаллургия, Автоклавное выщелачивание, концентрат, серная кислота, медь, железо, золото, серебро

Key words: hydrometallurgy, pressure leaching, concentrates, sulfuric acid, copper, iron, gold, silver

Как известно, металлургия, уже на протяжении более чем ста лет губительно влияет на окружающую среду большинства стран. Основными факторами загрязнения являются выбросы вредоносных газов – SO_2 , NO_2 , CO и др.; пыль, содержащая металлы; сточные воды предприятий [1]. Помимо прочего, металлургические предприятия славятся большими образованиями техногенных отходов, такими как отвалы шлаки, пыли и др. В конечном счете, современные технологии переработки сырья и их несовершенства оказывают значительное влияние на людей, что, как правило, приводит к постепенному ухудшению здоровья, но в некоторых случаях к массовым заражениям, отравлениям и даже смерти [2, 3].

Характерным признаком металлургии является цепочка пирометаллургических агрегатов, в которых происходят химические превращения с целью получения металла более высокой чистоты. Цветная металлургия широко представлена на территориях УрФО. Основными эксплуатантами рудных недр являются ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» и ЗАО «Русская медная компания». Активы этих компании, в основном, состоят из добывающих и обрабатывающих предприятий, которые обладают современным печным оборудованием для переработки сырья цветных металлов [4, 5].

Нами предлагается альтернативный подход к переработке концентратов Уральских обогатительных фабрик. Гидрометаллургия цветных металлов все чаще находит свое место в процессах

переработки полуфабрикатов металлургического производства и более того, в мировой практике возрастает число предприятий, в основе которых лежит гидрометаллургическое оборудование [6, 7].

Исследовали окислительное автоклавное выщелачивание халькопиритных концентратов следующего состава, %: 21,5 Cu, 0,1 Zn, 0,05 Pb, 0,04 Ni, 26,59 S, 24,52 Fe, 16,28 SiO₂. Подобные концентраты получают на уральских горно-обогатительных фабриках [8, 5].

Выщелачивание производили при высокотемпературных (140–220 °C) и низкотемпературных (80–112 °C) условиях в однолитровом титановом автоклаве в сернокислых растворах. Отношение Ж:Т = 6. Изучали влияние температуры, парциального давления кислорода, начальной концентрации серной кислоты и продолжительности эксперимента на извлечение меди в раствор. Результаты приведены в табл. 1-2 для высокотемпературного и низкотемпературного процессов соответственно.

В большинстве случаев, использование автоклавов для вскрытия сульфидного сырья предполагает использование технологических схем с последующей чисткой растворов от примесей и электровосстановлением меди. Для переработки остатков выщелачивания организуется отдельная технологическая ветка.

Как видно в табл. 1, выщелачивание при высокотемпературных условиях происходит весьма интенсивно. Химический смысл процесса описывается реакцией (1). Уже за 90–120 минут удастся извлечь, по крайней мере, 98 % Cu. Выход по кеку составляет 58–63 %, основная масса которого представлена соединениями железа и кремния ~ 60 % Fe₂O₃ и 30 % SiO₂. Благородные металлы также сконцентрированы в остатке выщелачивания. Высокотемпературный подход привлекателен с точки зрения производительности, а кроме того, конечный раствор содержит малые концентрации железа (~ 0,7–2 г/дм³), что значительно упрощает очистку растворов. Однако, как видно по реакции (1), такому процессу характерно образование значительных объемов свободной серной кислоты в конечном

растворе, что ставит вопрос об ее выводе из системы со стадии электровосстановления и методе нейтрализации.

Таблица 1

Условия и результаты экспериментов (продолжительность 90 мин)

Температура, °С	Парциальное давление кислорода, МПа	Извлечение Cu, %
160	0,4	50
170	0,1	7
140	0,6	43
180	0,2	20
190	0,6	97
180	0,6	89
200	0,2	61
170	0,6	83
210	0,6	98
160	0,6	58

Результаты экспериментов по низкотемпературному выщелачиванию представлены в табл. 2.

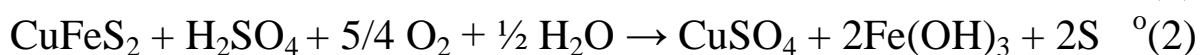
Таблица 2

Условия и результаты экспериментов (продолжительность 300 мин)

Температура, °С	Парциальное давления кислорода, МПа	$\text{C}_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ (начальная), г/дм ³	Извлечение Cu, %
90	1,2	150	46
95	0,6	90	31
100	0,2	90	11
105	1,4	75	80
110	0,6	90	45
113	1,4	150	60
113	0,5	75	48
110	1,6	120	72
105	0,5	30	7

Химический смысл процесса описывается реакцией (2). За 360 минут удалось извлечь не более чем 83 % Cu. Значительная часть железа переходит в раствор выщелачивания. Однако, несмотря на эти недостатки, процесс характеризуется расходом свободной серной

кислоты (конечная концентрация 5–25 г/дм³) и получением серы элементной. Конечные концентрации меди и железа в пределах 32–35 г/дм³ и 20–25 г/дм³ соответственно. Выход по кеку составляет 50–55 %, который преимущественно состоит из нерастворенных сульфидов, оксидов кремния, серы элементной, основного сульфата и гидроксида железа.



Результаты исследований показывают, что оба вышеописанных приема едва ли можно реализовать на практике в настоящем виде. Однако, при повышении скорости и уровня извлечения меди в процессе низкотемпературного выщелачивания, позволит решить проблему с сульфатным балансом в системе с электровосстановлением меди, свойственную высокотемпературному процессу; получать техническую серу элементную; извлекать благородные металлы; получить железистый продукт для черной металлургии; кремниевый концентрат; и наконец, снизить экологическую нагрузку, путем введения автоклавных процессов в альтернативу печным. Более того, весомыми преимуществами гидрометаллургических процессов являются низкий уровень потерь материалов в технологических цепочках, а также получение тонкодисперсных полупродуктов, весьма податливых для дальнейшей переработки и селективного отделения одних элементов от других, что полностью согласуется с современными трендами разработки ресурсосберегающих технологий.

Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М. : Минприроды России; НИА-Природа. – 2016. – 639 с.
2. The AMAP Inter. Symposium on Environmental Pollution in the Arctic. Tromso, Norway, 1997. 432 p.
3. Загрязнение окружающей среды // Проблемы токсикологии и эпидемиологии: тез. докл. междунар. конф. Пермь, 1993. 235 с.
4. Алтушкин И. А., Череповицын А. Е., Король Ю. А. Практическая реализация механизма устойчивого развития в создании и становлении горно-

металлургического холдинга медной отрасли России. М. : Изд. дом «Руда и Металлы», 2016. 232 с.

5. Алтушкин И. А., Король Ю. А., Голов А. Н. Инновации в металлургии меди на примере реализации проекта реконструкции ЗАО «Карабашмедь». Ч. 1. Выбор основного плавильного агрегата // Цветные металлы. 2012. № 8. С. 25–34.

6. Shijie Wang. Copper leaching from chalcopyrite concentrates // Journal of Metallurgy. 2005. Vol. 57 (7). P. 48–51.

7. Ausmelt / Isasmelt Matte Smelting / W. G. Davenport, M. King, M. Schlesinger, A. K. Biswas // Extractive Metallurgy of Copper. 2002. Vol. 6 (8). P. 119–129.

8. Алтушкин И. А., Король Ю. А., Череповицын А. Е. Экономическая оценка инновационных решений проекта освоения Михеевского месторождения медно-порфировых руд // Горный журнал. 2012. № 8. С. 113–116.

УДК 691.5

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА СУЛЬФАТОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

THE INFLUENCE OF COMPLEX ADDITIVES ON THE SULPHATE RESISTANCE OF CONCRETE

Кудла Н. В., Беляков В. А.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
natalikudla@gmail.com

Kudla N. V., Belyakov V. A.

UralFederalUniversity, Ekaterinburg

Аннотация: В работе рассмотрено влияние комплексной добавки на свойства бетона. В качестве минеральной добавки предложен микрокремнезем, который способствует коррозионной стойкости бетона. Совместное введение минеральной и химической добавки увеличит сульфатостойкость бетонных конструкций, что позволит сохранить долговечность объектов и снизить энерго- и ресурсозатраты.